

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Požadavky na logistický systém údržby

Requirements for Logistics Maintenance System

Student:

Bc. Veronika Kreuzigerová

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jana Míková, Ph.D

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Veronika Kreuzigerová**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Kolejová doprava
Téma: **Požadavky na logistický systém údržby**
Requirements for Logistics Maintenance System
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je specifikovat požadavky na logistický systém při údržbě vozidel a návrh uspořádání skladovacích prostor na jednotlivých pracovištích.

Osnova:

1. Úvod.
2. Logistický systém údržby vozidel a jejich komponentů.
3. Analýza současného stavu logistického systému údržby.
4. Požadavky a návrh logistického systému údržby.
5. Vyhodnocení návrhu logistického systému.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

Míková, J., Dresler, P., Hranoš, V., Škapa, P., Šmiraus, J.: M12 - Provoz a údržba vozidel pozemní dopravy.
Dostupné z: <http://www.vvvd.cz/m12-provoz-a-udrzba-vozidel-pozemni-dopravy-27.html>.
KISS, I. Logistika zasobovanie a distribúcia. Informatech Košice, 1999, ISBN 80-88041-01-6.
FAMFULÍK, J., MÍKOVÁ, J., KRZYŽANEK, R. Teorie údržby [online]. Ostrava, VŠB – TU Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1509-1.
ŠTŮSEK, J. Logistický management. Praha: ČZU, 2005. ISBN 80-213-1259-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Miková, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.5.2019

Kreuzigerova

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce, • s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská*) práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20.5. 2019



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Veronika Kreuzigerová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hrabenov 58

Ruda nad Moravou

789 63

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KREUZIGEROVÁ, V.: *Požadavky na logistický systém údržby*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2019, 60 s. Vedoucí diplomové práce: Ing. Míková, J., Ph.D.

Diplomová práce se zabývá požadavky na logistický systém údržby. Práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. Teoretická část zahrnuje logistické zajištění údržby vozidel, její cíle a požadavky na prvky logistických služeb. Dále obsahuje skladování, manipulační zařízení a poslední kapitola se věnuje síťové analýze. Praktická část se věnuje analýze současného stavu logistického systému údržby v DPOV a.s.-PSO Nymburk, která je rozdělená na analýzu pracovišť ve východní hale a v hale kolovky, analýzu údržbového zásahu, analýzu skladů a síťovou analýzu. Z výsledku síťové analýzy byly navrženy skladovací prostory a manipulační zařízení.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KREUZIGEROVÁ, V.: *Requirements for Logistics Maintenance System*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transportation, 2019, 60 p. Advisor master thesis: Ing. Míková, J., Ph.D.

The master thesis deals with requirements for logistic maintenance system. The thesis is divided into theoretical and practical part. The theoretical part includes logistic maintenance of vehicles, its objectives and requirements for logistics services. It also contains storage, handling equipment and the last chapter deals with network analysis. The practical part is devoted to the analysis of the current state of the logistics system of maintenance in DPOV a.s.-PSO Nymburk, which is divided into the analysis of workplaces in the eastern hall and in the wheel hall, analysis of maintenance intervention, warehouse analysis and network analysis. Storage facilities and handling equipment were designed from the result of the network analysis.

OBSAH

ÚVOD	8
1 LOGISTICKÉ ZAJIŠTĚNÍ ÚDRŽBY VOZIDEL	9
1.1 Cíle logistického zabezpečení údržby	15
1.2 Definice požadavků na prvky logistických služeb	16
1.3 Skladování	19
1.4 Manipulační zařízení	23
1.5 Síťová analýza	27
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LOGISTICKÉHO SYSTÉMU ÚDRŽBY	31
2.1 Analýza pracovišť	32
2.1.1 Východní hala	32
2.1.2 Hala kolovky	39
2.2 Analýza údržbového zásahu	43
2.3 Analýza skladů	47
2.4 Síťová analýza	48
3 NÁVRHY A DOPORUČENÍ	53
ZÁVĚR	56
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
SEZNAM OBRÁZKŮ	59
SEZNAM TABULEK	60

ÚVOD

Logistika je jedna z nejdůležitějších prvků ve firmě. Významně zasahuje do efektivity výrobních procesů od dobývání surovin až po zákazníka. Je jedním s nejvýznamnějších nástrojů pro dosažení konkurenčních výhod. Dříve stála logistika v pozadí v podobě jednoduchých úvah a výpočtů. V dnešní době se dostává na první místo ve firmách z důvodu narůstající konkurence. Logistika nejen že musí optimalizovat toky materiálové, ale také toky informační a finanční.

Jedním z nejdůležitějších a nejriskantnějších procesů při údržbě vozidel je řízení zásobovací logistiky. Společnost DPOV a.s. – PSO Nymburk opravuje celkem 42 druhů dvojkolí. Pro tyto dvojkolí musí být naskladněny náhradní díly a příslušné komponenty potřebné k opravě každého dvojkolí. Avšak vysoké stavy zásob na skladech jsou nežádoucí, jelikož jsou v nich uloženy finanční prostředky.

Cílem diplomové práce je zajištění plynulé opravy dvojkolí bez logistických zpoždění. Toto lze zajistit například vhodným umístěním skladů a skladovacích prostor. Dále lze zajistit vhodným navržením manipulačních zařízení pro manipulaci s dvojkolím a potřebnými komponenty v procesu opravy.

1 LOGISTICKÉ ZAJIŠTĚNÍ ÚDRŽBY VOZIDEL

Logistiku můžeme definovat jako organizování toků surovin od zdroje až k samotnému spotřebiteli. Zajímá se o všechny oběhy procesu – doprava, řízení zásob, manipulace s materiálem, balení a skladování. Cílem organizování toků je zajistit správné množství materiálu v daném čase s požadovanou kvalitou za optimálních nákladů. Výchozím bodem pro organizování toků je potřeba trhu. [3]

V logistice zkoumáme toky:

- Materiálové,
- informační,
- energií,
- obalové,
- odpadů. [3]

Základním tokem je tok materiálový, který úzce souvisí s tokem informačním a finančním, ten ale není předmětem logistiky. Prostřednictvím materiálových toků můžeme uspokojit potřeby spotřebitelů, které se mohou dít ve několika rovinách:

- Tok materiálu,
- přepravní řetězec,
- logistický řetězec. [3]

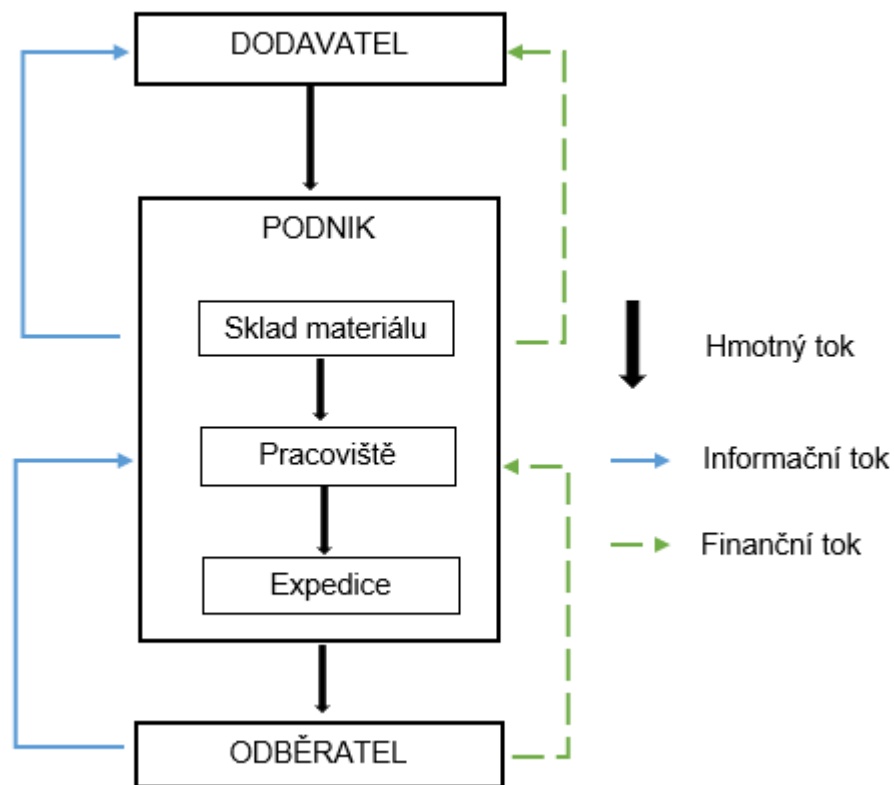
• Tok materiálu

Materiálový tok lze charakterizovat jako spořádaný pohyb materiálu ve výrobním procesu od zdroje surovin přes zpracování, výrobu, dodání výrobku k uživateli a v poslední řadě zpracování odpadů. Dále můžeme do materiálového toku zařadit práce a manipulace související bezprostředně s výrobním procesem. [3]

Při organizace toku materiálu využíváme aktivní a pasivní prvky logistického řetězce:

- Aktivní prvky – působením aktivních prvků ovlivňujeme prvky pasivní. Jedná se o dopravní prostředky a manipulační zařízení.

- Pasivní prvky – Jedná se o přepravní jednotky a manipulační jednotky. [3]



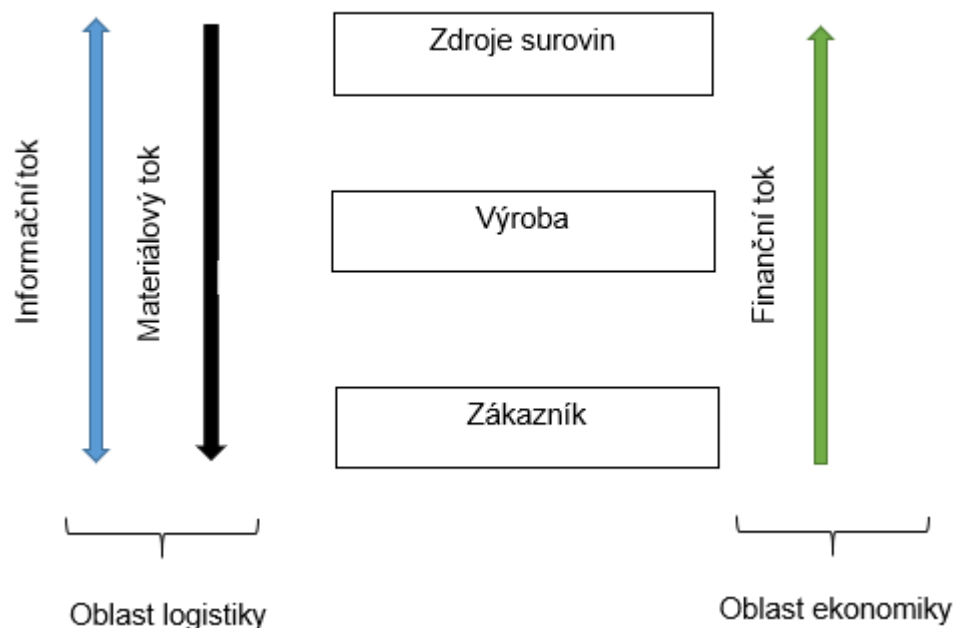
Obr. 1 - Části materiálového toku [3]

- **Přepavní řetězec**

Přepavní řetězec lze charakterizovat jako přemisťování materiálu mezi jednotlivými místy kde se materiál zpracuje až ke konečnému uživateli. [3]

- **Logistický řetězec**

Logistický řetězec je jeden z nejdůležitějších pojmů logistiky. Zahrnuje všechny činnosti, které souvisí s pohybem materiálu a vzájemně na sebe navazují. Tyto činnosti zahrnují organizaci materiálového toku, administrativní a plánovací činnosti dále pak například informativní činnost. Označujeme tak propojení trhu od objednávky (poptávky) až ke konečnému zákazníkovi (spotřebiteli). [1,3]



Obr. 2 - Logistický řetězec [3]

Logistický řetězec můžeme rozdělit na stránku hmotnou a nehmotnou. Hmotná stránka logistického řetězce se zabývá přemísťováním osob a věcí. Nehmotná stránka se zabývá tokem informací, aby se hmotná stránka mohla uskutečnit. [4]

- Hmotný tok

Hmotná stránka logistického řetězce uchovává a přemísťuje věci, které jsou schopné uspokojit danou potřebu konečného zákazníka. Hmotný tok například hotového výrobku, obalů, dílů, různých základních a pomocných materiálů, dále také surovin nutných pro výrobu a distribuci výrobku a v poslední řadě přemísťování osob. [4]

- Nehmotný tok

Nehmotný tok logistického řetězce nazýváme informačním tokem. Spočívá v přemísťování nebo uchovávání informací, které jsou potřebné k uskutečnění přemístění všech komponentů a osob. Dále se zabývá přemísťováním peněz. [4]

- **Zásobovací řetězec**

Řízení zásob patří v podniku mezi klíčové oblasti. Cílem je koordinovat proces tak, aby dodržovali optimální úroveň skladových zásob. Optimální úroveň zásob můžeme dosáhnout např. nedržet vysoké stavy zásob, nakupovat položky podle skutečné potřeby v požadovaném množství, kvalitě a termínech a v poslední řadě minimalizovat celkové náklady. [5]

Uspořádání zásobovacích řetězců

Pro správné a účelné zásobování míst údržby závisí volba vhodného uspořádání zásobovacích řetězců. Pro údržbu kolejových vozidel se uplatňují tři následující přístupy, které spadají do oblasti vícezdrojového zásobování:

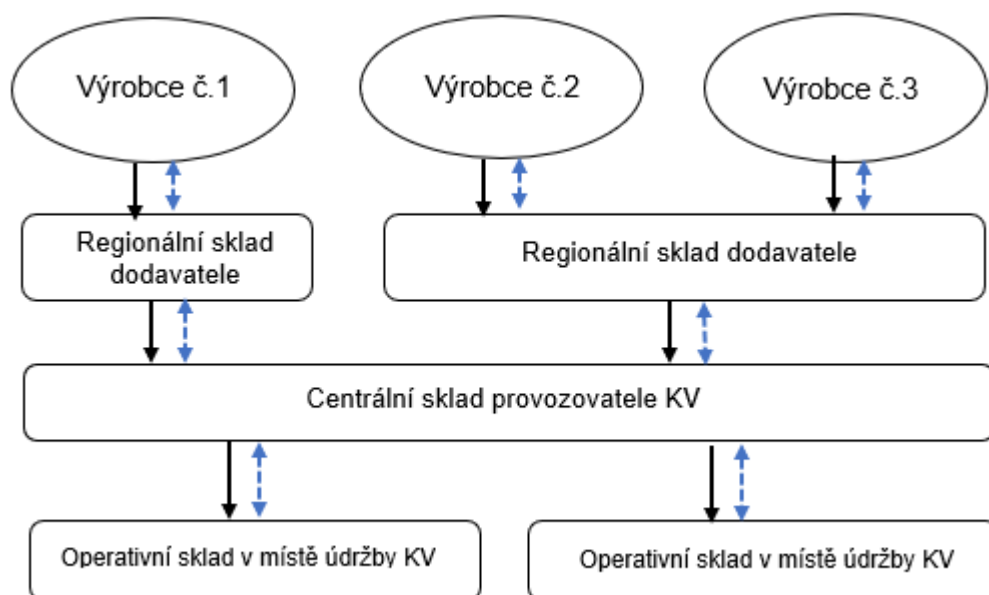
- tradiční uspořádání,
- emancipační uspořádání,
- synchronizační uspořádání. [2]

- **Tradiční uspořádání zásobovacího řetězce**

Tradiční uspořádání zásobovacího řetězce je tvořeno výrobcí, kteří zásobují regionální sklady dodavatele. Centrální sklad provozovatele je zásoben regionálními sklady, který poté zásobuje operativní sklady v místě údržby kolejových vozidel. [1]

Centrální sklad řídí a koordinuje zabezpečení údržby materiálem, stanovuje a uplatňuje dodavatelsko-odběratelské podmínky vůči regionálním skladům dodavatele, shrnuje požadavky na materiál a náhradní díly, určuje čas, velikost, přebrání a kontrolu objednávek materiálů a náhradních dílů, sleduje hmotné a informační toky materiálového zabezpečení údržby dále pak sleduje stav zásob v místě údržby atd. [2]

Operativní sklady provádí přebrání a kontrolu množství, kvality materiálu, vykonávají skladování a sledují informace o stavu zásob, organizují zabezpečení údržby materiálem atd. [2]



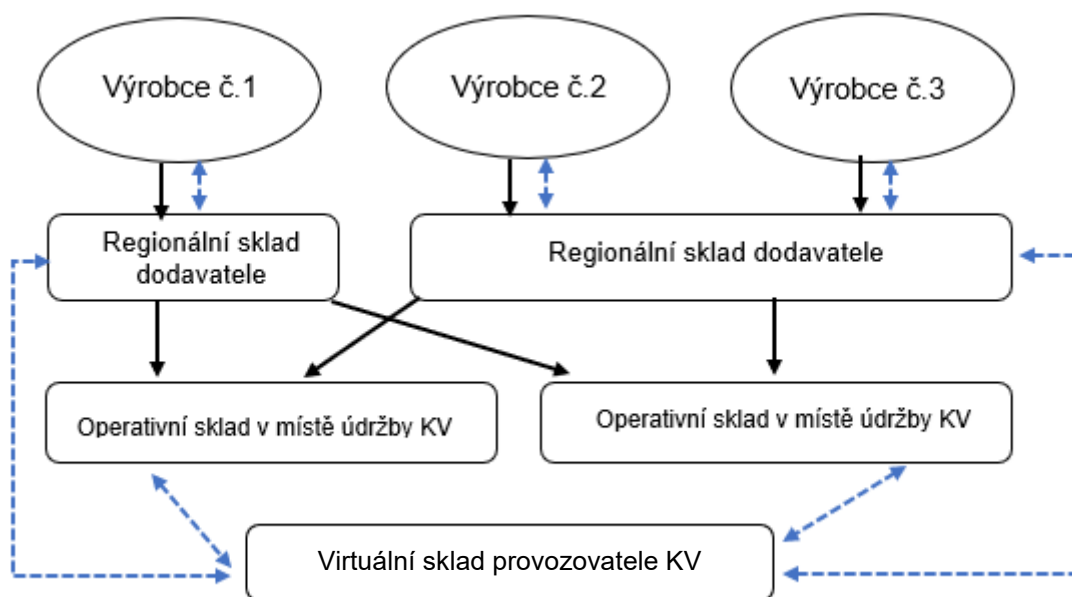
Obr. 3 - Tradiční uspořádání zásobovacího řetězce [2]

○ **Emancipační uspořádání zásobovacího řetězce**

Emancipační uspořádání zásobovacího řetězce je tvořeno výrobci, ti zásobují regionální sklady dodavatele. Toto uspořádání se od tradičního liší tím, že úkoly týkající se toku materiálu nezajišťují centrální sklady, ale sklady operativní v místě údržby. Navíc se nám objevuje virtuální sklad, který má povinnosti centrálního skladu, ale pouze z hlediska informačního toku. [2]

Virtuální sklad reguluje informační tok v systému, určuje dodavatelsko-odběratelské podmínky, určuje zásobování pro uplatnění požadavků regionálních skladů, shromažďuje požadavky na náhradní díly a materiál, určuje čas a velikost objednaného materiálu. V poslední řadě řídí burzu materiálu a dílů mezi operativními sklady. [2]

Operativní sklady převážně regulují materiálový tok z regionálních skladů na místo údržby, monitorují stav zásob v místě údržby, určují velikost zásob v místě údržby, určuje čas a velikost objednaného materiálu dále pak realizují přejímku materiálu a provádějí správu skladu. [2]

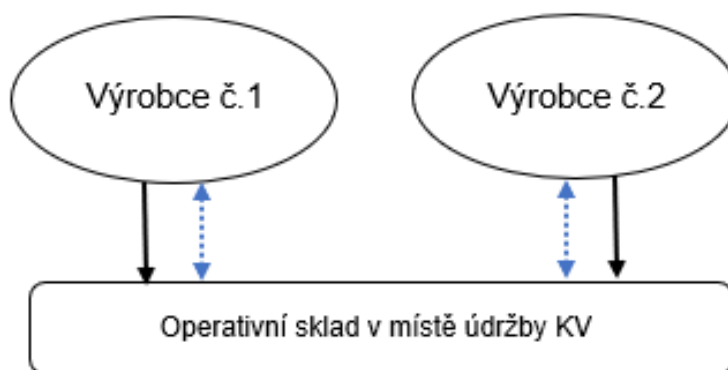


Obr. 4 – Emancipační uspořádání zásobovacího řetězce [2]

○ Synchronizační uspořádání zásobovacího řetězce

Synchronizační uspořádání zásobovacího řetězce je tvořeno výrobci, kteří zásobují operativní sklady v místě údržby. Tyto řetězce mají omezené využití v údržbě kolejových vozidel, jelikož výrobci uplatňují požadavek na určité odebrání množství materiálu. Tento požadavek operativní sklad v místě údržby ve většině případů nemůže přijmout, jelikož převyšuje spotřebu materiálu a náhradních dílů při údržbě. [2]

Operativní sklad určuje zásobování a dodavatelsko-odběratelské podmínky, provádí materiálový tok pro uskutečnění údržby, sleduje stav zásob, v místě údržby, určuje čas a velikost objednaného materiálu dále pak například realizují přejímku materiálu a provádějí správu skladu. [2]



Obr. 5 - Synchronizační uspořádání zásobovacího řetězce [2]

1.1 Cíle logistického zabezpečení údržby

Úspěch podniku, který se zabývá údržbou kolejových vozidel závisí na správném a účelném logistickém zabezpečení údržby. Pokud je logistické zabezpečení účelné, pružně reaguje na požadavky údržbářů. Logistický řetězec, který má dobře fungovat se musí umět orientovat na trhu, mít přehled o nových dodavatelích, výhodném uzavírání smluv s dodavateli a celkový vývoj trhu. [1]

Hlavní cíle logistického systému:

- Snižování nákladů souvisejících se zásobováním
- Zlepšování výkonu zásobování
- Snižování zásob
- Zajistit možnost zásobování z více zdrojů [2]

Tyto cíle mohou být úspěšné, pokud správně vymezíme a naplníme zásobovací politiku a určíme zásobovací strategii. Rozhodnutí o strategii a nákupní politice musí být založena na bázi informací. Samotný proces zásobování začíná vznikem dané potřeby v podniku. Pokud chceme tyto potřeby uspokojit, musíme zajistit na trhu potenciální dodavatele a poté vybrat dodavatele, kteří nám nejvýhodněji uspokojí danou potřebu. Tento proces začíná definicí požadavků na prvky logistických služeb např. dodací čas, množství, cena dále

přezkoumání stávajícího stavu ze stránky volby modelu a strategie zásobování a v poslední řadě přezkoumání z hlediska dodavatelů. [1,2]

1.2 Definice požadavků na prvky logistických služeb

Při definování požadavků na prvky logistických služeb musíme vzít v úvahu faktory, které nám tyto prvky ovlivňují. Jsou to požadavky trhu, údržbové systémy, ekonomické podmínky, způsob přepravy, kapitálová náročnost a právní rámcové podmínky. Tyto faktory jsou dále popsány. [1,2]

- Požadavky trhu

Požadavky trhu posuzujeme z pohledu zdrojů a požadavků. Při posuzování zdrojů sledujeme velikost trhu a jeho schopnost plnit stanovené podmínky, prostorové rozložení trhu a jeho dodací pružnost, kvalita, spolehlivost a dodací lhůty. Při posuzování požadavků místa údržby sledujeme prostorové rozložení a specializace místa údržby, naléhavost provedení údržby. [1,2]

- Údržbový systém

Údržbový systém posuzujeme podle druhu a kvality výrobků, dodací lhůty, šíře sortimentu a v poslední řadě záruky.

- Ekonomické podmínky

Ekonomické podmínky posuzujeme podle rozmístění, uspořádání a složitosti údržby.

- Způsob přepravy

Přepravu můžeme posuzovat podle vzdálenosti od dodavatele do místa údržby nebo rychlosti dodání, popřípadě z hlediska vlastní nebo cizí přepravy.

- Kapitálová náročnost

- Právní rámcové podmínky

Právní rámcové podmínky zahrnují právní předpisy např. Zákon o drahách, Obchodní zákoník pro oblast údržby, kvality a přepravy.

Požadavky na prvky logistických služeb:

- Požadavky na kvalitu materiálů a náhradních dílů
- Požadavky na dodací čas
- Požadavky na cenu

- **Požadavky na kvalitu materiálů a náhradních dílů**

Tyto požadavky se stanovují klasifikací prvků do skupin podle údržby řízené bezporuchovostí (RCM - Reliability Centred Maintenance). RCM metoda se zavádí do programu preventivní údržby a tím umožní účelně a účinně dosáhnout požadovaného stupně bezpečnosti výrobního zařízení, dále pak je určena k tomu, aby vedla k celkovému zlepšení bezpečnosti, hospodárnosti a pohotovosti provozu. [2]

Skupiny podle RCM:

- SSI – Poruchy ovlivňující bezpečnost a životní prostředí

Tato skupina klade maximální důraz na kvalitu. Výrobek v této skupině musí splňovat požadavky podle technické dokumentace a splňovat zákonné normy.

- MSI – Poruchy s významným dopadem na provoz a údržbu

Skupina klade důraz na kvalitu, výrobky z této skupiny musí vyhovovat smluvním podmínkám mezi výrobcem a místem údržby.

- ESI – Poruchy s významným ekonomickým dopadem

Výrobky z této skupiny musí vyhovovat požadavkům na cenu a dodací čas.

- **Požadavky na dodací čas**

Tyto požadavky jsou vyjádřeny zejména posouzením dodacího času k logistickému zpoždění a způsobu údržby.

- Systém se zaručenou bezporuchovostí – časy jsou předem stanoveny. Jsou známy intervaly a technologie údržby.

- Systém po prohlídce – stanovuje časy prohlídky vozidla a tím termíny údržby a dodávky náhradních dílů.

- Systém po poruše – nejsou známy okamžiky vzniku poruch.

- **Požadavky na cenu**

Požadavky na cenu jsou určeny smluvními podmínkami mezi odběratelem a dodavatelem a momentální situací na trhu s komponenty od výrobců kolejových vozidel. Cenu ovlivňuje především zda existuje jeden nebo více výrobců daného komponentu. [2]

1.3 Skladování

Za skladování považujeme činnost dočasného ukládání a uchování materiálu pro pozdější potřebu. Skladování je velice úzce spojen s logistikou a distribucí. Skladování převážně řeší stav zásob, objednací cykly, rozmístění a uspořádání skladů a dále také vybavení skladů. Velké naskladňování není žádoucí z důvodu stoupajících nákladů. [3]

- **Druhy skladů**

Sklady můžeme rozdělit podle konstrukce, druhu materiálu, vlastnictví, způsobu skladování, přístupu a toku materiálu.

Podle konstrukce:

- Podlažní sklady

Podlažní sklady jsou takové sklady, kde komponenty jsou skladovány na úložné ploše v jedné nebo ve dvou řadách, popřípadě v blocích. [3]

- Regálové sklady

Regálové sklady se vyznačují jednotlivým ukládáním komponentů do regálů. Regály mohou být oběžné, posuvné, spádové, stromečkové, regály pro palety atd. [3]



Obr. 6 - Regálový sklad v DPOV a.s.- PSO Nymburk [zdroj vlastní]

Podle druhu materiálu:

- Sypké materiály

Sypké materiály se skladují v zásobnících nebo podlažních skladech. Zásobníky rozdělujeme na nadzemní a podzemní. Dále rozlišujeme sila a bunkry. [3]

- Kapalně materiály

Kapalně materiály se skladují v cisternách nebo tancích. Tyto nádrže se dále dělí na nadzemní a podzemní. [3]

- Kusové materiály

Pro skladování kusových materiálů se využívá podlažní nebo regálové sklady.



Obr. 7 – Nadzemní silo (vlevo), nadzemní nádrž (vpravo) [10]

Podle vlastnictví:

- Vlastní sklad

Vlastní sklady jsou takové, kde sklad i skladované materiály vlastní tentýž subjekt.

- Cizí sklad

Cizí sklady jsou takové, kde skladované materiály a samotné sklady nevlastní jeden subjekt.

Podle způsobu skladování:

- Pevné skladování

V pevném skladování má každý druh zboží pevně určené místo ve skladu. Toto určené místo je pro materiál vyhrazeno i když zrovna není na skladě. [3]

- Volné skladování

Při volném skladování nemá materiál pevně určené místo, ale má určenou sekci ve skladu. [3]

- Náhodné skladování

Při náhodném skladování se materiál ukládá do volných míst. Tento způsob skladování vyžaduje informační systém. [3]

Podle přístupu:

- Veřejné sklady
- Soukromé sklady

Podle toku materiálu:

- Běžné skladování

Za běžné skladování se označuje takové skladování, kdy vstup i výstup materiálu se děje na stejném místě skladu. [3]

- Průchozí skladování

Za průchozí skladování se označuje skladování, kde naopak vstup a výstup materiálu probíhá na protilehlých místech skladu (tok materiálu v jednom směru). [3]

- Cross-docking

Materiál není složen do skladu, ale je vybalen, roztříděn a zkompletován do zásilek pro odběratele. [3]

- **Velikost a umístění skladů**

Velikost skladů ovlivňuje celá řada faktorů. Tyto faktory jsou např. velikost trhu, množství a velikost skladovacích materiálů, způsob skladování dále požadavky na prostory.[3]

Pro určení velikosti skladů se musí vzít v úvahu plochy provozní, pomocné a správní, sociální. Provozní plochy slouží k vlastnímu skladování a manipulaci materiálu. Pomocné plochy jsou plochy určené k parkování manipulačního zařízení, jeho údržbě a dobíjení. Správní a sociální plochy slouží pro administrativní činnost a zázemí pracovníků skladu. [3]

Umístění skladů ovlivňuje převážně čas potřebný k přemístění materiálu. Sklady mohou být umístěny blíže k výrobě, ve středu, v těžišti nebo blíže k zákazníkům. [3]

1.4 Manipulační zařízení

Manipulační zařízení je takové zařízení, které se využívá pro manipulaci s materiálem. Manipulační zařízení lze rozdělit na dopravní vozíky, jeřáby, nakladače a vykladače.

- **Dopravní vozíky**

Nejrozšířenějším prostředkem pro manipulaci s materiálem je dopravní vozík. Jedná se o kolejová, kolová vozidla, které přepravují materiál po pozemních komunikacích nebo po plochách skladů, hal apod. Vozíky lze rozdělit podle způsobu pohonu na ruční, přívěsné, vlečné a motorové. [3]

Ruční vozíky se využívají na přemísťování kratších vzdáleností. Přívěsné vozíky je možné zapřáhnout za tahač, vysokozdvizný vozík. Vlečné vozíky jsou připojovány za tažný prostředek (např. lano), který nepřetržitě obíhá na pracovišti. Velkou skupinou jsou motorové vozíky, které jsou poháněné vlastním motorem (spalovací, elektromotor). [3]



Obr. 8 - Ruční vozík v DPOV a.s.- PSO Nymburk

- **Jeřáby**

Pro manipulaci s těžkými břemeny se převážně využívají jeřáby z důvodu vysokých nosností. Manipulace s jeřáby by měla být jednoduchá s automatizovanou obsluhou a s bezpečným a spolehlivým provozem. [3]

Využití jeřábů převážně v místech, kde se přemisťují těžké materiály ve vertikálním i horizontálním směru a na místě nejsou vyhovující dopravní cesty. Dále se využívají na pracovištích, kde není dostatek volného prostoru a materiál se přemisťuje na stále stejné ploše (prostoru). [3]

Jeřáby lze rozdělit podle mnoha faktorů. Nejčastěji rozdělujeme podle celkového tvaru jeřábu, druhu pohonu a pohybu. [3]

Podle tvaru jeřábu:

- Mostové,
- portálové a poloportálové,
- sloupové a věžové,
- konzolové,
- silniční,
- kolejové,
- lanové. [3]

Podle druhu pohonu:

- Ruční,
- elektrické,
- hydraulické,
- pneumatické,
- se spalovacím motorem,
- sdružené. [3]

Podle pohybu:

- Nepojízdné,
- pojízdné,
- otočné,
- plovoucí,
- se sdruženými pohyby. [3]



Obr. 9 - Mostový jeřáb v DPOV a.s. - PSO Nymburk [zdroj vlastní]

- **Regálové zakladače**

Regálové zakladače jsou speciální manipulační zařízení, které se využívají při skladování kusového materiálu v regálových skladech. Toto zařízení se dokáže pohybovat jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru. [3]

Horizontální pohyb je vykonáván po dráze, která je umístěna na podlaze nebo stropu skladu. Při vysokých výškách skladovacích prostor se využívají dráhy obě. Zakladače mohou být obsluhovány automaticky nebo manuálně. [3]



Obr. 10 - Trojstranný regálový zakladač [9]

- **Nakladače, vykladače**

Nakladače slouží pro nakládku materiálu na dopravní prostředek. Vykladače slouží pro vykládku materiálu z dopravního prostředku. Jsou to zařízení složené z několika druhů mechanismů, které mohou pracovat jako součást linky nebo samostatně. [3]

Nakladače dělíme na korečkové, pásové, kolesové, klepetové, talířové, šnekové, lžícové, drapákové. Vykladače poté na hřeblové, šnekové, korečkové, štítové, drapákové.[3]

1.5 Síťová analýza

Síťová analýza se převážně využívá při stavebních či rekonstrukčních akcích, ve vývoji a výzkumu, plánování a řízení výroby a dále lze tuto metodu využít v logistice a dopravě. Základem metody je teorie grafů a pravděpodobnosti. [7]

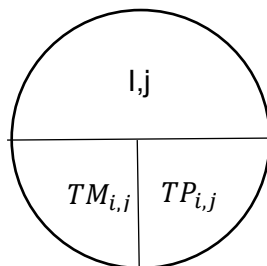
Při realizaci síťové analýzy je zapotřebí nejdříve pracovní proces rozdělit na dílčí činnosti ze kterých se projekt skládá a které na sebe navzájem navazují. Pro jednodušší vyjádření závislostí jednotlivých činností procesu se využívá síťový graf. Každá z činností je předem vymezená a má určité nároky na čas a prostředky. Pomocí síťové analýzy lze nalézt časové rezervy jednotlivých činností, určit délku celého procesu a určit kritickou cestu. Pro nalezení kritické cesty na projektu, kde musíme zachytit časovou závislost činnosti mezi začátkem a koncem projektu se využívají 2 metody síťové analýzy. [7,8]

Tyto metody jsou:

- CPM (Critical Path Method) – metoda kritické cesty
- PERT (Project Evaluation and Review Technique)

• Metoda CPM

Metoda CPM je využitelná při případech, kdy známe délku trvání jednotlivých činností. Jedná se o deterministickou metodu jejímž cílem je vymežit délku trvání celého projektu. Tento cíl lze vymežit na základě délky kritické cesty. Kritická cesta se vyznačuje nejdelší trasou celého procesu. Uzel sítě je událost, která odpovídá začátku a konci jednotlivých činností. Uzel je označen pořadovým číslem. [7]



Obr. 11 - Označení a popis uzlu [7]

Postup výpočtu:

- 1) Z vybraných činností vytvoření tabulky, určení časové návaznosti a doby trvání.
- 2) Sestrojení síťového grafu. V grafu se činnosti označí uzly a hranami se znázorní jejich doba trvání. Graf začíná i končí jedním uzlem.
- 3) Časová analýza projektu. Nejdříve se získají možné začátky a konce jednotlivých činností při průchodu sítí vpřed. Při zpětném průchodu poté nejpozději přípustné začátky a konce.
- 4) Výpočet časových rezerv.
- 5) Určení kritické cesty.

Výpočet časových rezerv:

- Celková časová rezerva

Celková rezerva představuje časový úsek, o který můžeme činnost zpozdit nebo prodloužit, aniž by byla narušena délka projektu. [7]

$$RC_{ij} = TP_j - TM_i - t_{ij} \quad (1)$$

Kde:

RC_{ij} – celková rezerva činnosti (i, j)

TP_j – nejpozději přípustný termín realizace uzlu j

TM_i – nejdříve možný termín realizace uzlu i

t_{ij} – trvání činnosti (i, j)

- Volná časová rezerva

Volná rezerva představuje dobu, o kterou můžeme činnost prodloužit nebo zpozdit, aniž by byl narušen začátek následující činnosti. [7]

$$RV_{ij} = TM_j - TM_i - t_{ij} \quad (2)$$

kde

RV_{ij} – volná rezerva činnosti (i, j)

TM_j – nejdříve možný termín realizace uzlu j

TM_i – nejdříve možný termín realizace uzlu i

t_{ij} – trvání činnosti (i, j)

- Nezávislá časová rezerva

Nezávislá rezerva představuje dobu, o kterou lze nejvýše posunout nebo prodloužit začátek následující činnosti, aniž by byly narušeny termíny nejpozději přípustných konců předcházejících činností a termíny nejdříve možných začátku nadcházejících činností. [7]

$$RN_{ij} = TM_j - TP_i - t_{ij} \quad (3)$$

kde

TM_j – nejdříve možný termín realizace uzlu j

TP_i – nejpozději přípustný termín realizace uzlu i

t_{ij} – trvání činnosti (i, j)

- **Metoda PERT**

Metoda PERT je využitelná v případech, kde nelze dobu činností předem změřit. Doba činností se tedy považuje za náhodnou veličinu s rozdělením pravděpodobnosti beta. Beta rozdělení se považuje za nejvhodnější. Nepracuje se však z celým rozdělením, ale pouze se stručnějšími charakteristikami. Tyto charakteristiky jsou rozptyl, směrodatná odchylka a očekávaná doba trvání. [7]

Při řešení se používá tří odhadů ohodnocení činnosti:

- Optimistický odhad (nejkratší čas trvání činnosti)
- Nejpravděpodobnější odhad
- Pesimistický odhad (nejdelší čas trvání činnosti)

Pro očekávanou dobu trvání činnosti platí:

$$t_0 = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (4)$$

kde

a – optimistický odhad

m – nejpravděpodobnější čas

b – pesimistický odhad

Pro rozptyl trvání činnosti platí:

$$D(t_{ij}) = \frac{(a + b)^2}{35} \quad (5)$$

kde:

a – optimistický odhad

b – pesimistický odhad

Výpočet směrodatné odchylky:

$$\sqrt{D(t_{ij})} = \frac{b - a}{6} \quad (6)$$

kde:

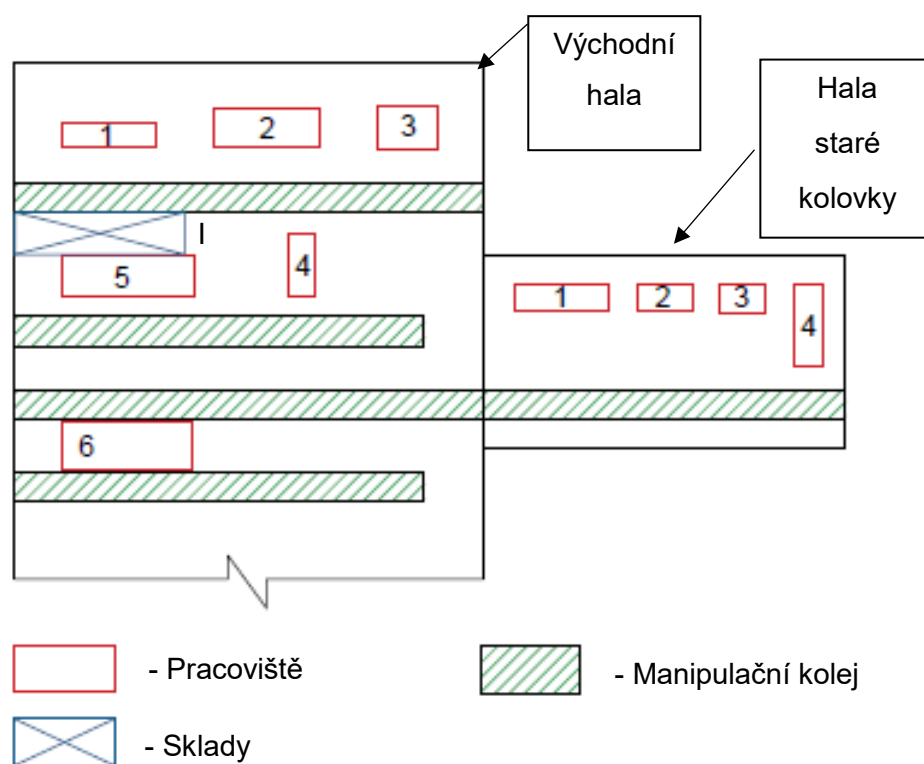
a – optimistický odhad

b – pesimistický odhad

Další postup je stejný jak u metody CPM.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LOGISTICKÉHO SYSTÉMU ÚDRŽBY

Pro celkovou analýzu současného stavu logistického systému údržby byla provedena samostatná analýza pracovišť, analýza údržbového zásahu, analýza skladů a v poslední řadě síťová analýza pro nalezení úzkých míst při opravě dvojkolí.



Pracoviště východní hala:

- 1 SUA 170 NUMERIC
- 2 Lis MAE
- 3 KARUSEL SKI 12 CNC
- 4 ŠKODA SRM 125
- 5 Ložiskové kroužky
- 6 Vyvažovačka

Pracoviště staré kolovky:

- 1 RAFAMET UCB 125
- 2 Speciální hořák
- 3 KARUSEL 1516
- 4 Soustruh

Slady:

- I – operativní sklad

Obr. 12 - Schéma pracovišť [zdroj vlastní]

2.1 Analýza pracovišť

Analýza byla provedena pro každé pracoviště jak ve východní hale, tak i v hale staré kolovky. Operační časy se na každém pracovišti odvíjejí podle dané poruchy dvojkolí a tím postup opravy. Dále pak závisí, zda opravujeme kolo obručové nebo celistvé a zda máme komponenty potřebné k opravě na skladě. Před přivezením dvojkolí na pracoviště je dvojkolí očištěno a vizuálně, defektoskopicky, rozměrově zkontrolováno.

Operační časy byli měřeny na každém pracovišti od ledna do dubna 2019. Pro průměrné výsledky měření bylo zapotřebí nejméně 12 měření stejného úkonu na každém pracovišti. Výsledné průměrné operativní časy byly sepsány do tabulek.

2.1.1 Východní hala

V nové hale se nachází celkem 6 pracovišť. Nachází se zde stroje pro soustružení nábojů, lis pro rozlisování a slisování dvojkolí, vertikální soustruh pro obrábění vnitřního průměru obručí, dále pak soustruh pro obrábění náprav a jízdního profilu a v poslední řadě vyvažovačka.

- **Pracoviště 1 – Soustruh SUA 170 NUMERIC**

Na tomto pracovišti se nachází numericky řízený univerzální hrotový soustruh SUA 170 NUMERIC, který se používá pro hrubovací a dokončovací práce hřídelových součástí v našem případě se jedná o náboje u obručových i celistvých kol.



Obr. 13 - Soustruh SUA 170 NUMERIC [zdroj vlastní]

Pracoviště se soustruhem SUA 170 NUMERIC obsluhuje jeden pracovník, který provádí např. soustružení vnitřního průměru otvoru drážního kola v operačním čase 49,5 minut (viz. tabulka 1).

Tabulka 1 - Soustružení vnitřního průměru otvoru drážního kola [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Soustružení vnitřního průměru otvoru		Komponenty potřebné na pracovišti
	Operace	Operační čas [min]	
1	Měření čepů nápravy	2,0	Brzdové kotouče Celistvá kola Kotouče
	Nastavení programu	9,5	
	Soustružení	17,0	
	Manipulace a upínání	17,5	
	Ostatní činnost	3,5	
	Celkem	49,5	

- Měření čepů nápravy – Pracovník změří průměr čepů na nápravě mikrometrem a následně zapíše a spočte vnitřní průměr drážního kola.
- Nastavení programu – Pracovník nastaví program pro soustružení drážky a následné nastavení programu pro obrábění třísek až na konečný průměr otvoru.
- Soustružení – Operace zahrnuje samotné soustružení drážky.
- Manipulace a upínání – Pracovník převezde kolo, očistí a následně označí. Pomocí jeřábu manipuluje s kolem do a z čelistí stroje, vystředění kola, a nakonec převezení a odložení kola na určené místo.

- Ostatní činnost – Zahrnuje doplňkové měření vnitřního průměru otvoru a popsání výrobku.

- **Pracoviště 2 – Lis MAE**

Na tomto pracovišti se nachází hydraulický lis pro montáž a demontáž dvojkolí. Jedná se o slisování nebo rozlisování ozubených kol, hvězdic, hnacích hvězdic, celistvých kol a brzdových kotoučů.



Obr. 14 - Lis MAE [zdroj vlastní]

Na obsluhu lisu MAE je zapotřebí dvou pracovníků, bylo změřeno rozlisování nápravy se 2 brzdovými kotouči. Celkový operační čas pro rozlisování nápravy je cca 66 minut (viz. tabulka 2).

Tabulka 2 - Rozlisování nápravy se 2 brzdovými kotouči [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Rozlisování nápravy se 2 brzdovými kotouči		Komponenty potřebné na pracovišti
	Operace	Operační čas [min]	
1	rozlisování	5,5	Náprava Obručová, celistvá kola Ozubená kola Brzdové kotouče Mazivo
	čekání (technologické)	25,0	
	manipulace	35,0	
	ostatní činnosti	2,0	
	Celkem	67,5	
2	Operace	Operační čas [min]	
	rozlisování	5,5	
	tłakování olejem	24,0	
	manipulace	21,5	
	ostatní činnosti	17,0	
	Celkem	68,0	

- Manipulace – zavázání nápravy a vložení do lisu, následné otočení nápravy, odebrání rozlisovaných komponentů a jejich uložení na místo určení.
- Čekání (technologické) -1. Pracovník čeká než 2. pracovník vykoná svoji přidělenou operaci.
- Tlakování olejem – 2. Pracovník zapne čerpadlo a tlakuje náboj kola olejem.
- Rozlisování – Samotné rozlisování nápravy se 2 brzdovými kotouči.
- Ostatní činnost – Pro 1. pracovníka bylo započteno do ostatní činnosti upravování režimu stroje. Pro 2. pracovníka se jedná o připojování a odpojování hadice mazání.

- **Pracoviště 3 – KARUSEL SKI 12 CNC**

Na tomto pracovišti se nachází vertikální soustruh pro obrábění vnitřního průměru obruče, ozubeného věnce.



Obr. 15 - KARUSEL SKI 12 CNC [zdroj vlastní]

Na obsluhu vertikálního soustruhu KARUSEL SKI 12 CNC stačí jeden pracovník, který upne obruč nebo ozubený věnec do stroje, nastaví stroj pro obrábění, obrobí daný komponent na požadovanou velikost a poté změří výsledný rozměr. Operace soustružení vnitřního průměru ozubeného věnce probíhá v operačním čase cca 122,5 minut (viz. tabulka 3).

Tabulka 3 – Soustružení vnitřního průměru ozubeného věnce [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Soustružení vnitřního průměru ozubeného věnce	
	Operace	Operační čas [min]
1	Manipulace a upínání	18,0
	Seřízení pro obrábění	27,0
	Obrábění	71,0
	Měření	6,5
	Celkem	122,5

- Manipulace a upínání – Pracovník zavěsí a převezde ozubený věnec ke stroji a nastaví čelisti na vnitřní průměr ozubeného věnce. Nakonec upne ozubený věnec do čelistí.
- Seřízení pro obrábění – Pracovník musí vystředit věnec, jelikož náboj nemá pravidelný tvar válce, dále pak musí vystředit axiální házení a nastavit stroj pro soustružení.
- Obrábění – Soustružení vnitřního průměru ozubeného věnce.
- Měření – Pracovník změří posuvkou vnitřní průměr ozubeného věnce a zkontroluje povrch.

- **Pracoviště 4** – Soustruh ŠKODA SRM 125

Na tomto pracovišti se nachází hrotový soustruh pro obrábění čepů tlakových ložisek na nápravě, obrábění sedel celistvých i obručových kol, sedel ozubených kol, unášeců a nábojů ozubených kol na nápravě.

**Obr. 16** – Soustruh ŠKODA SRM 125 [zdroj vlastní]

Na obsluhu soustruhu ŠKODA SRM 125 je zapotřebí jeden pracovník. Tomuto pracovníkovi byl změřen čas pro soustružení čepů tlakových ložisek s celkovým operačním časem 233,5 minut (viz. tabulka 4).

Tabulka 4 – Soustružení čepů tlakových ložisek [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Soustružení čepů tlakových ložisek		Komponenty potřebné na pracovišti
	Operace	Operační čas [min]	
1	Příprava	55,5	Náprava
	Montáž	22,0	
	Obrábění	156,0	
	Celkem	233,5	

- **Příprava** – Pracovník nastaví soustruh ŠKODA SRM 125 dle změřených rozměrů nápravy a nastaví program soustružení.
- **Montáž** – Pracovník usadí díl do stroje pomocí jeřábu a zkontroluje, popřípadě upraví chlazení. Po obrábění vyjme díl ze stroje.
- **Obrábění** – Operační časy zahrnují obrábění tlakových ložisek a jejich následné upravení na zadaný průměr soustružením.

- **Pracoviště 5 – Ložiskové kroužky**

Na tomto pracovišti se nasazují ložiskové kroužky na nápravu. U pracoviště se nachází sklad pro skladování ložiskových kroužků.

Na pracovišti je zapotřebí jeden pracovník, který nahřeje ložiskové kroužky a nasune na nápravu. Na jednu nápravu je zapotřebí nasadit 4 ložiskové kroužky. Operace probíhá s celkovým časem 25 minut (viz tabulka 5).

Tabulka 5 - Nasazení ložiskových kroužků [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Nasazení ložiskových kroužků		Komponenty potřebné na pracovišti
	Operace	Operační čas [min]	
1	Manipulace	5,0	Ložiskové kroužky
	Montáž	20,0	
	Celkem	25,0	

- **Pracoviště 6 – Vyvažovačka**

Na tomto pracovišti se nachází vyvažovačka pro přesné vyvážení železničního dvojkolí. Pracoviště má svůj vlastní skladovací regál pro skladování závaží.



Obr. 17 – Vyvažovačka [zdroj vlastní]

Na obsluhu vyvažovačky je zapotřebí jeden pracovník, který si připraví vyvažovačku, převezve dvojkolí a upne do stroje, poté provede vyvážení dvojkolí. Tyto operace probíhají v celkovém čase 149 minut (viz tabulka 6).

Tabulka 6 - Vyvažování dvojkolí [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Vyvažování dvojkolí		Komponenty potřebné na pracovišti
	Operace	Operační čas [min]	
1	Příprava	10,5	Dvojkolí Závaží
	Manipulace a upínání	30,0	
	Vyvažování	108,5	
	Celkem	149,0	

- **Příprava** – Pracovník si připraví stroj pro operaci vyvažování, pokud je zapotřebí příprava pracoviště pro lepení závaží.
- **Manipulace a upínání** – Pracovník si převezve dvojkolí z kolovky a vloží do vyvažovačky. Nastaví stroj a upevní dvojkolí ke stroji. Po ukončení vyvážení vyjmutí dvojkolí jeřábem a odvezení do skladu.
- **Vyvažování** – Operační čas samotného vyvažování na stroji, dále pak lepení závaží dle potřeby a kontrola vyvážení na stroji.

2.1.2 Hala kolovky

V hale kolovky se nachází stroje pro obručová kola. Dochází zde k obrábění obručí, demontáži obručí, nalisování nahřátých obručí, zajištění vzpěrným kroužkem a k soustružení jízdního profilu obručových i celistvých kol.

- **Pracoviště 1 – RAFAMET UCB 125**

Na tomto pracovišti dochází k obrábění jízdního profilu u celistvých i obručových kol.



Obr. 18 - RAFAMET UCB 125 [zdroj vlastní]

Na obsluhu RAFAMETU UCB 125 je zapotřebí jeden pracovník, který nastaví stroj, upne dvojkolí do stroje a spustí operaci obrábění. Po skončení obrábění změří výslednou tloušťku obruče. Operace probíhají s celkovým časem 122 minut (viz tabulka 7).

Tabulka 7 - Soustružení profilů a čel hvězdicových kol z dvojkolí „elektriky“ [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Soustružení profilů a čel kol z dvojkolí „elektriky“		Komponenty potřebné na pracovišti
	Operace	Operační čas [min]	
1	Manipulace a upínání	10,5	Dvojkolí
	Nastavení nástroje, měřidla	10,0	
	Obrábění	87,5	
	Měření	3,5	
	Ostatní činnost	10,5	
	Celkem	122,0	

- Manipulace a upínání – Přitlačení dvojkolí do stroje s pomocí kolegy a upnutí čelistí.
- Nastavení nástroje, měřidla – Pracovník zkontroluje polohu nožů vůči profilu. Pomocí sondy identifikuje rozměry profilů a nastaví stroj z panelu.
- Obrábění – Soustružení vnitřních, vnějších čel rozkolí, hran a profilu obručí.
- Měření – Pracovník změří rozkolí mikrometrickým odpichem, dále změří tloušťku obručí a zkontroluje profil šablonou.
- Ostatní činnost – Pracovník odstraňuje třísky v průběhu soustružení a průběžně kontroluje profil šablonou.

- **Pracoviště 2** – speciální hořák

Toto pracoviště se zabývá nahříváním obručí a následném nalisování na kolo. U tohoto pracoviště je volný prostor, kde se skladují obruče.



Obr. 19 - Pracoviště pro nahřívání obručí [zdroj vlastní]

Pro nahřívání obručí je zapotřebí jeden pracovník, který přiveze a vloží obruč do hořáku, nahřeje obruč a vloží kotouč do obruče a namontuje vzpěrný kroužek. Operace probíhají s celkovým časem 29,5 minut (viz tabulka 8).

Tabulka 8 - Nasazení obručí na kolo [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Nasazení obručí na kolo		Komponenty potřebné na pracovišti
	Operace	Operační čas [min]	
1	Manipulace	7	Obruče Kotouče, hvězdice Vzpěrné kroužky Štítky
	Ohřev obruče	11,5	
	Montáž	11	
	Celkem	29,5	

- Manipulace – Pracovník převezde obruč k hořáku, ofouká a vloží do hořáku náolkem nahoru. Po montáži převezde dvojkolí.
- Ohřev obruče – Obruč se nahřeje pomocí plynového hořáku.
- Montáž – Pracovník spustí kotouč do nahřáté obruče zajistí a převezde pro montáž vzpěrného kroužku. Kroužek vloží do drážky hydraulickou svěrkou, podle potřeby zkrátí a zavaří spoj. Na konci operace označí štítkem.

- **Pracoviště 3 – KARUSEL 1516**

Na tomto pracovišti stejně jako na pracovišti 3 ve východní hale se nachází KARUSEL pro obrábění vnitřního průměru obruče, soustružení drážky pro vzpěrný kroužek a sražení hran.

**Obr. 20 - KARUSEL 1516 [zdroj vlastní]**

Na obsluhu KARUSELU 1516 je zapotřebí jeden pracovník, který si připraví stroj, upne obruč a spustí obrábění. V průběhu operace obrábění měří vnitřní průměr obruče. Operace probíhají s celkovým časem 84,5 minut (viz tabulka 9).

Tabulka 9 - Soustružení vnitřního průměru obruče [zdroj vlastní]

Počet pracovníků	Soustružení vnitřního průměru obruče		Komponenty potřebné na pracovišti
	Operace	Operační čas [min]	
1	Příprava	21,0	Obruče Ozubené věnce
	Manipulace a upínání	8,5	
	Obrábění	40,5	
	Měření	15,5	
	Celkem	85,5	

- Příprava – Pracovník si připraví stroj pro soustružení vnitřního průměru obruče (nastavení svěráku, rozevření a příprava upínek).
- Manipulace a upínání – Manipulace s obručí do stroje a její následné upnutí.
- Obrábění – Soustružení vnitřního průměru obruče.
- Měření – Pracovník kontroluje vnitřní průměr obruče po každé části soustružení.
- Pracoviště 4 – soustruh

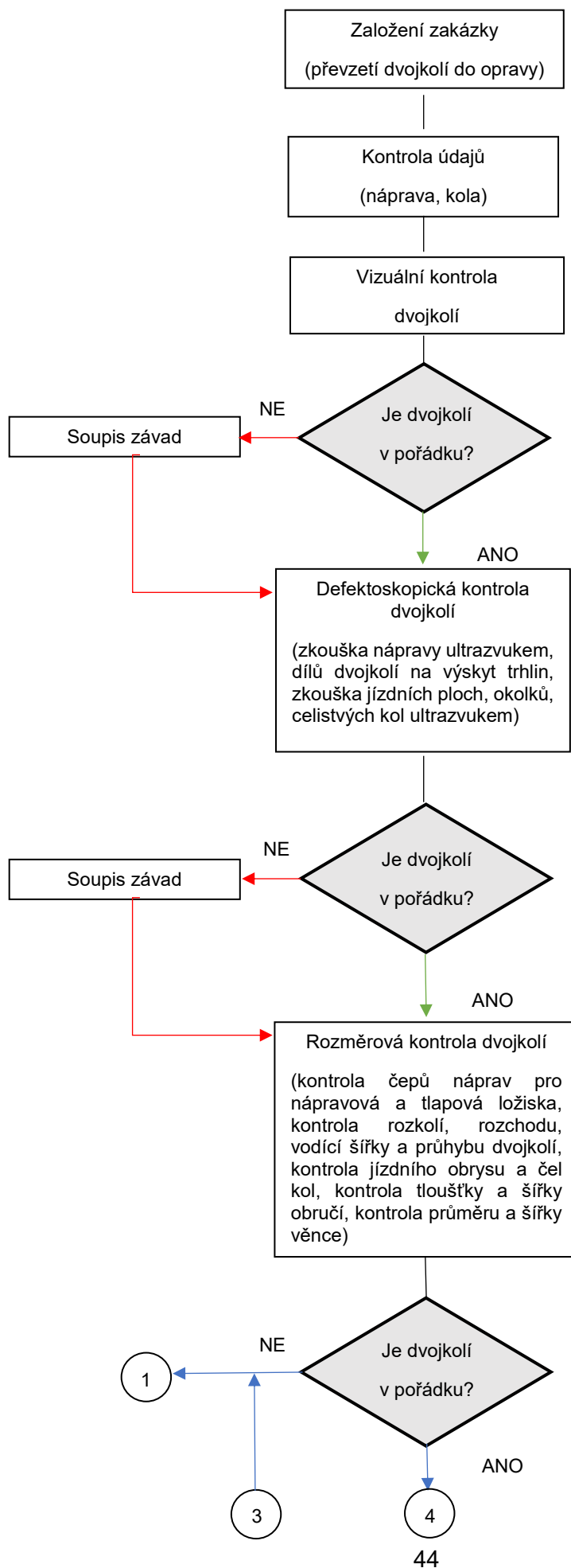
Na tomto pracovišti se nachází soustruh, na kterém se obrábí jízdní profil. Na tomto pracovišti operační čas nebyl měřen.

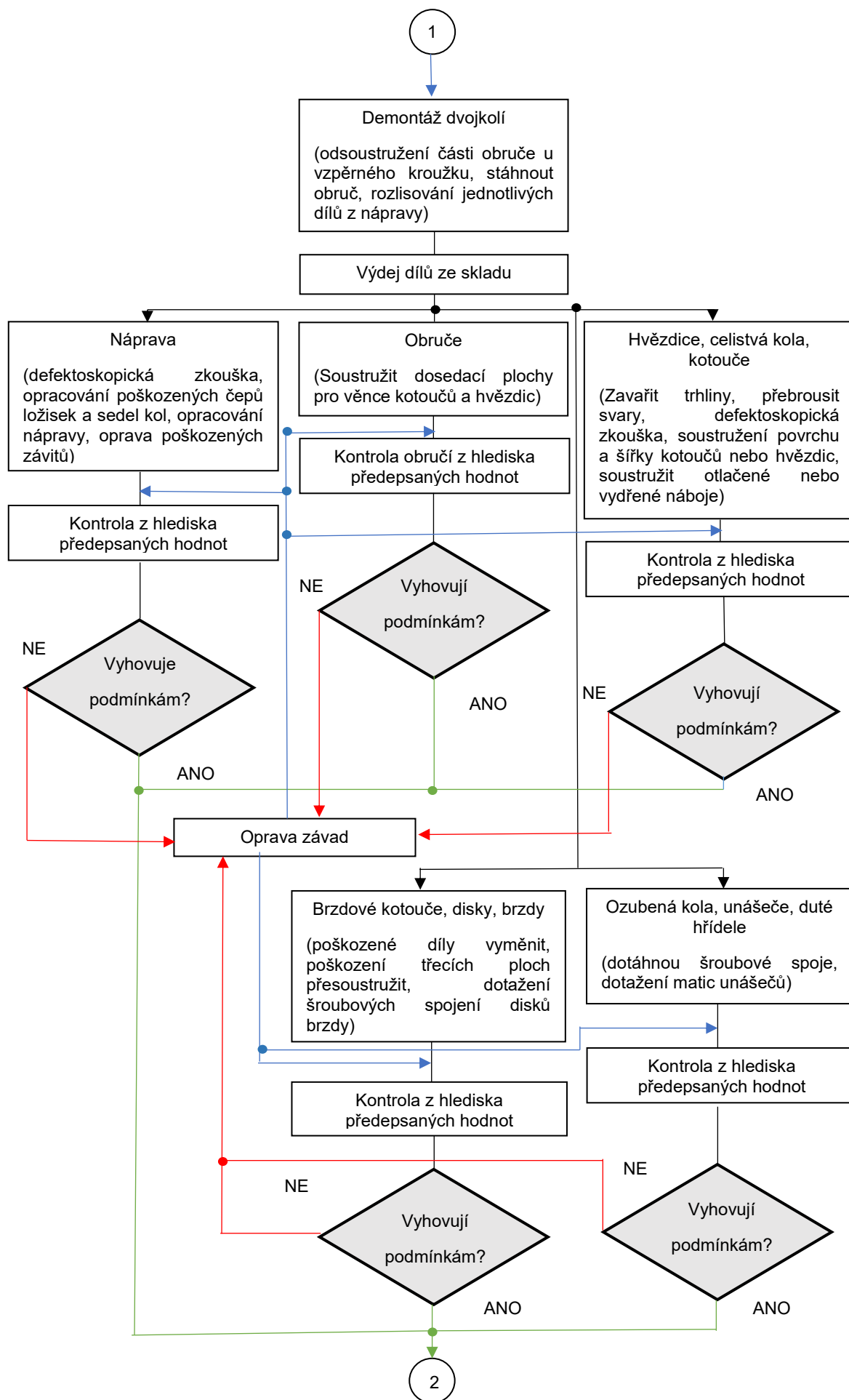


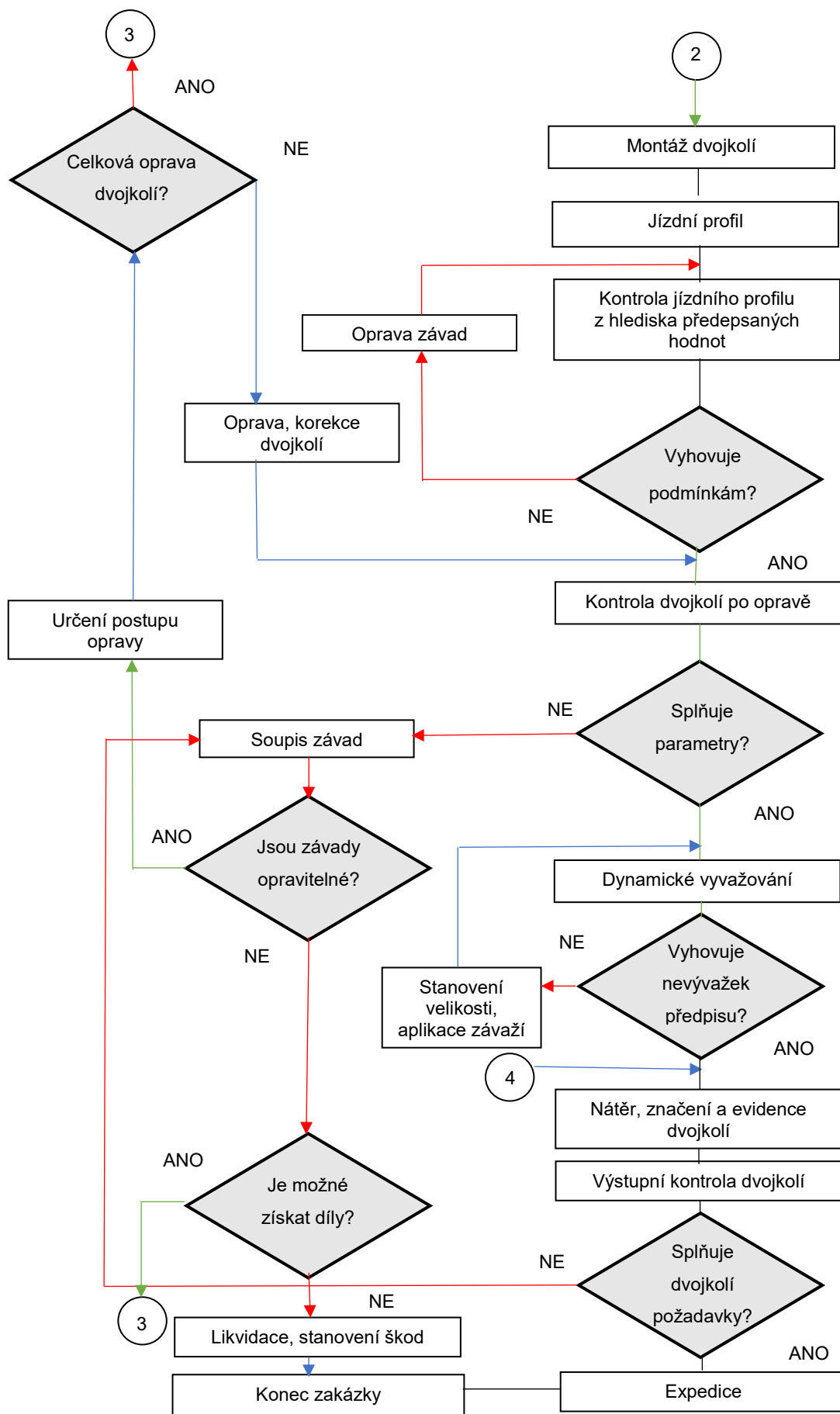
Obr. 21 – Soustruh [zdroj vlastní]

2.2 Analýza údržbového zásahu

Vývojový diagram začíná příjmem dvojkolí do opravy, čímž se založí zakázka. Dále dvojkolí projde cyklem vizuální kontrolou, defektoskopií a rozměrovou kontrolou. Pokud dvojkolí není v pořádku musí projít procesem opravy. Po provedení operace opravy dvojkolí dojde k závěrečné kontrole, kde se dvojkolí vyváží, natře a označí. Vývojový diagram je zakončen expedicí nebo vyřazením dvojkolí.







Obr. 22 - Vývojový diagram opravy dvojkolí [6]

2.3 Analýza skladů

Skladování materiálu většinou probíhá v místech, prostorách k tomuto určených, tedy sladech. V našem případě máme sklady operativní (přímo v místě držby), konsignační (sklady ČD) a slad zákazníka.

- **Operativní sklad**

Operativní sklad je umístěn přímo v místě údržby v tomto případě ve východní hale. V tomto skladě se nachází materiál pro okamžitou spotřebu. Z důvodu vyrovnání teplot materiálu musí být do operativního skladu dodán materiál den až dva dny dopředu. V průměru počítáme 4 dvojkolí za směnu na dva dny tedy skladujeme 16 celistvých kol, 20 brzdových kotoučů a 2 nápravy Pro obručová kola nebo pro dvojkolí elektrik jsou to ještě ozubená kola a obruče.



Obr. 23 - Operativní sklad [zdroj vlastní]

- **Konsignační sklad**

Konsignační sklad je zásobovacím skladem ČD. Z tohoto skladu jsi DPOV, a.s. - PSO Nymburk odebírá zboží pro vlastní potřebu, poté v pravidelných intervalech reportuje odebrané zboží. Tyto sklady jsou rozmístěny po celém prostoru před západní a za východní halou (kolovkou).

- **Sklad zákazníka**

Do skladu zákazníka si materiál dodává zákazník sám z důvodu snížení nákladů. Tento sklad je umístěn před západní halou.

2.4 Sít'ová analýza

Pomocí sít'ové analýzy definuji délku celého procesu opravy dvojkolí. Tato analýza mi může pomoci při řešení uspořádání pracovišť a skladovacích prostor. Oprava dvojkolí se skládá z mnoha činností uvedených v kapitole 2.2. Sít'ovou analýzu jsem vytvořila pro dvojkolí s obručemi dieselové lokomotivy.

V dalším kroku jsem přiřadila délku trvání každé činnosti. Po sečtení všech činností v procesu opravy dvojkolí vyšla délka trvání 2195 minut po převedení na hodiny 36,5 hod. Dále jsem vytvořila sít'ový graf, na základě informací z tabulky 10, který je zobrazen na obr. 24. V grafu jsou zobrazeny uzly a hrany činností s délkami jejich trvání v minutách.

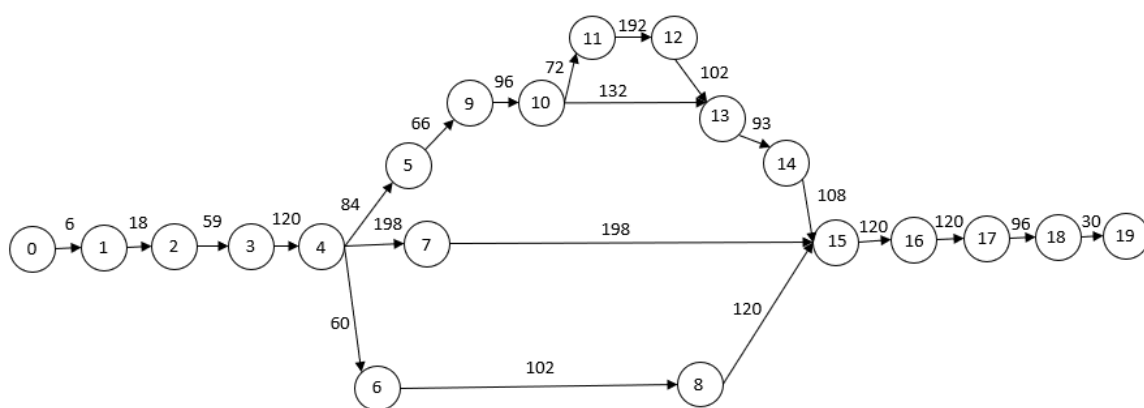
i - výchozí uzel

j - navazující uzel

t_{ij} – doba trvání činnosti

Tabulka 10- *Popis činností a jejich délka trvání [zdroj vlastní]*

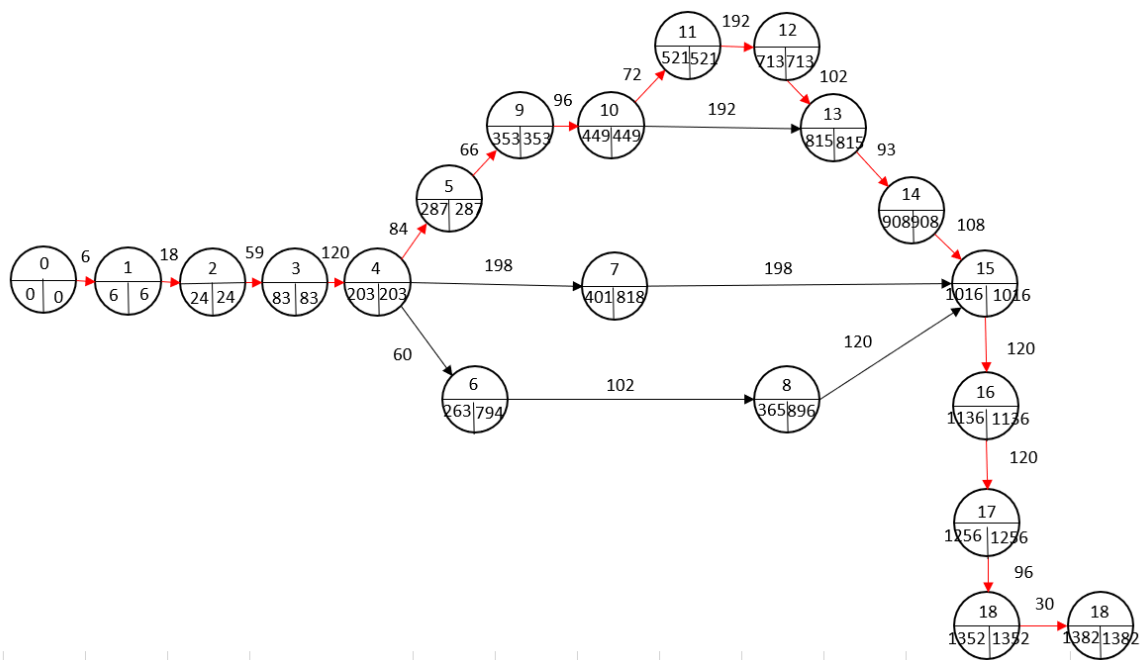
Pořadí	Popis činnosti	i	j	t _{ij} [min]
1	Založení zakázky	0	1	6
2	Kontrola údajů, vizuální prohlídka	1	2	18
3	Čištění dvojkolí	2	3	59
4	Defektoskopická, rozměrová kontrola dvojkolí	3	4	120
5	KOTOUČ - slisování kotouče 2x	4	5	84
6	OZUBENÉ KOLO - slisování ozubeného kola	4	6	60
7	NÁPRAVA - Soustružení čepů tlapových ložisek 2x	4	7	198
8	VÝMĚNA OBRUČÍ - vypíchnutí kroužků 2x	5	9	66
9	VÝMĚNA OBRUČÍ - stažení obručí 2x	9	10	96
10	VÝMĚNA OBRUČÍ - regulace kotouče 2x	10	11	72
11	VÝMĚNA OBRUČÍ - soustružení díry obručí 2x	10	13	132
12	VÝMĚNA OBRUČÍ - natažení obručí 2x, značení štítky	13	14	93
13	OZUBENÉ KOLO - soustružení díry	6	8	102
14	KOTOUČ - oprava trhlin kotouče, defektoskopie 2x	11	12	192
15	KOTOUČ - soustružení díry 2x	12	13	102
16	NÁPRAVA - Válečkování čepů tlapových ložisek 2x	7	15	198
17	OZUBENÉ KOLO - nalisování ozubeného kola	8	15	120
18	KOTOUČ - nalisování kotouče 2x	14	15	108
19	JÍZDNÍ PROFIL - soustružení jízdního profilu	15	16	120
20	VYVÁŽENÍ DVOJKOLÍ	16	17	120
21	Nátěr, konzervace, naložení dvojkolí	17	18	96
22	Vystavení výstupní dokumentace	18	19	30

**Obr. 24 -** *Síťový graf [zdroj vlastní]*

• Určení kritické cesty

Pro určení kritické cesty provedla časovou analýzu, na základě délek trvání jednotlivých činností.

Kritická cesta je znázorněna červenou čarou na obr. 25. Tato cesta prochází uzly, ve kterých se termíny nejdříve možné realizace činností rovnají termínům nejpozději přístupným realizace činností. Kritická cesta vede uzly 0-1-2-3-4-5-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19 s délkou trvání 1382 minut po převedení na hodiny 23 hod.



Obr. 25 - Kritická cesta [zdroj vlastní]

• Stanovení časových rezerv

Po určení kritické cesty jsem stanovila jednotlivé rezervy činností. Vypočítané rezervy jsou znázorněné v tabulce 11. Při určování kritické cesty je podstatná převážně RC – celková rezerva.

Tabulka 11 - Časové rezervy [zdroj vlastní]

Pořadí	Popis činnosti	i	j	RC (celková rezerva) [min]	RV (Volná rezerva) [min]	RN (Nezávislá rezerva) [min]
1	Založení zakázky	0	1	0	0	0
2	Kontrola údajů, vizuální prohlídka	1	2	0	0	0
3	Čištění dvojkolí	2	3	0	0	0
4	Defektoskopická, rozměrová kontrola dvojkolí	3	4	0	0	0
5	KOTOUČ - slisování kotouče 2x	4	5	0	0	0
6	OZUBENÉ KOLO - slisování ozubeného kola	4	6	531	0	0
7	NÁPRAVA - Soustružení čepů tlapových ložisek 2x	4	7	417	0	0
8	VÝMĚNA OBRUČÍ – vypíchnutí kroužků 2x	5	9	0	0	0
9	VÝMĚNA OBRUČÍ - stažení obručí 2x	9	10	0	0	0
10	VÝMĚNA OBRUČÍ - regulace kotouče 2x	10	11	0	0	0
11	VÝMĚNA OBRUČÍ - soustružení díry obručí 2x	10	13	174	174	174
12	VÝMĚNA OBRUČÍ - natažení obručí 2x, značení štítky	13	14	0	0	0
13	OZUBENÉ KOLO - soustružení díry	6	8	531	0	0
14	KOTOUČ - oprava trhlín kotouče, defektoskopie 2x	11	12	0	0	0
15	KOTOUČ - soustružení díry 2x	12	13	0	0	0
16	NÁPRAVA - Válečkování čepů tlapových ložisek 2x	7	15	417	417	0
17	OZUBENÉ KOLO - nalisování ozubeného kola	8	15	531	531	0
18	KOTOUČ - nalisování kotouče 2x	14	15	0	0	0
19	JÍZDNÍ PROFIL – soustružení jízdního profilu	15	16	0	0	0
20	VYVÁŽENÍ DVOJKOLÍ	16	17	0	0	0
21	Nátěr, konzervace, naložení dvojkolí	17	18	0	0	0
22	Vystavení výstupní dokumentace	18	19	0	0	0

Celková rezerva se čerpá tehdy, pokud všechny činnosti jsou skončeny v nejdříve možném konci a následující činnosti jsou zahájeny v nejpozději přípustném začátku. Z nekritické činnosti se může stát kritická, pokud vyčerpáme celkové rezervy. [7]

$$RC_{ij} = TP_j - TM_i - t_{ij} \quad (7)$$

Příklad výpočtu celkové rezervy:

$$RC_{0,1} = 6 - 0 - 6 = 0 \text{ min}$$

$$RC_{1,2} = 24 - 6 - 18 = 0 \text{ min}$$

$$RC_{2,3} = 83 - 24 - 59 = 0 \text{ min}$$

Volná rezerva se čerpá tehdy, pokud jsou činnosti ukončeny v nejdříve možných koncích. Tato rezerva vzniká, pokud do uzlu vstupuje více činností. [7]

$$RV_{ij} = TM_j - TM_i - t_{ij} \quad (8)$$

Příklad výpočtu volné rezervy:

$$RV_{01} = 6 - 0 - 6 = 0 \text{ min}$$

$$RV_{12} = 24 - 6 - 18 = 0 \text{ min}$$

$$RV_{2,3} = 83 - 24 - 59 = 174 \text{ min}$$

Nezávislá rezerva může mít i zápornou hodnotu. Nezávislá rezerva vzniká, pokud je uzel počátečním uzlem více činností a jiný je koncovým uzlem více činností. [7]

$$RN_{ij} = TM_j - TP_i - t_{ij} \quad (9)$$

Příklad výpočtu nezávislé rezervy:

$$RN_{0,1} = 6 - 0 - 6 = 0 \text{ min}$$

$$RN_{1,2} = 24 - 6 - 18 = 0 \text{ min}$$

$$RN_{2,3} = 83 - 24 - 59 = 0 \text{ min}$$

Síťová analýza byla sestavena pro lepší přehlednost procesu opravy dvojkolí s obručovými koly. Byla zjištěna kritická cesta procesu opravy, která vede přes výměnu obručí. Celková doba opravy dvojkolí je 23 hod. Tato doba lze zkrátit vhodným umístěním skladovacích prostor z důvodu velkého vytížení jeřábů a tím zvyšování logistického zpoždění.

3 NÁVRHY A DOPORUČENÍ

Pomocí kritické cesty byl proveden návrh logistického zajištění údržby. Z výpočtu časových rezerv bylo zjištěno, že je nežádoucí jakékoli logistické zpoždění v opravě. Pro zajištění plynulé opravy dvojkolí byly navrženy skladovací prostory pro komponenty a také náhradní manipulace s dvojkolím z důvodu vytížení jeřábů.

- **Skladovací prostory**

Pro skladování samotného dvojkolí navrhuji skladovat přímo na manipulační koleji č.3 mezi 5 a 6 pracovištěm. Do tohoto skladu se naveze dvojkolí vždy den dopředu před zahájením opravy. Z tohoto místa se dvojkolí bude přemisťovat po východní hale jeřábem nebo dle potřeby vysokozdvížným vozíkem. Do haly staré kolovky se dvojkolí bude převážet vysokozdvížným vozíkem nebo po manipulační koleji.

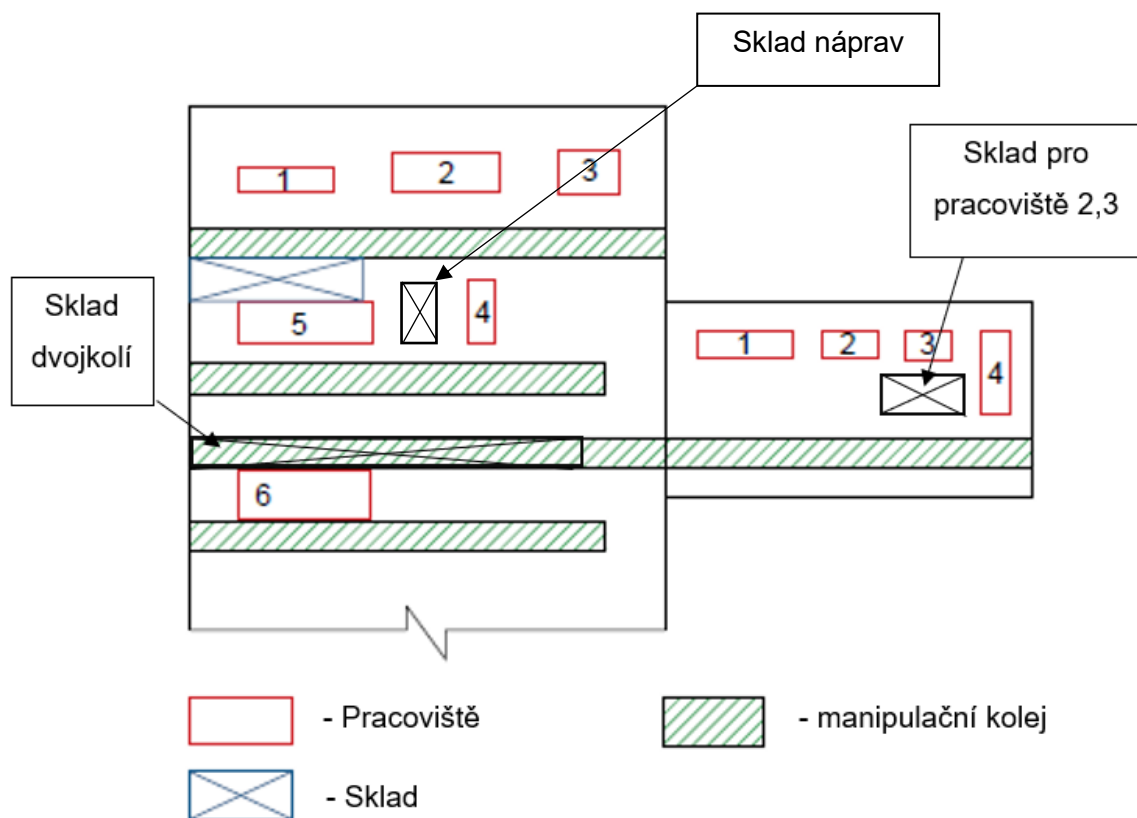
Stávající operativní sklad navrhuji využívat jen pro pracoviště 1,2 a 5. Na tomto místě se budou skladovat brzdové kotouče, celistvá kola, ozubené věnce a další komponenty pro lisování dvojkolí, které se převezou z ostatních pracovišť po jejich opravě. Dále pro pracoviště 5 je zde skladovací regál pro ložiskové kroužky.

Pro pracoviště 2 a 3 v hale staré kolovky navrhuji sklad obručí, kotoučů a hvězdic. Do tohoto skladu budou navezeny obruče 2 dny dopředu z důvodu vyrovnání teplot. Kotouče se do skladu převezou po jejich procesu opravy.

Pracoviště 6 využívá vlastní regálový skladovací prostor, který se nachází přímo na pracovišti.

Samostatný skladovací prostor navrhuji pro pracoviště 4. Po procesu rozlisování dvojkolí budou nápravy uloženy na další opravy v tomto podlažním skladu.

Na pracoviště 1 v hale staré kolovky, kde se nahází Rafamet pro soustružení jízdního profilu kol se bude dle potřeby dvojkolí dovážet ze skladu dvojkolí, který bude umístěn na manipulační koleji č.3.

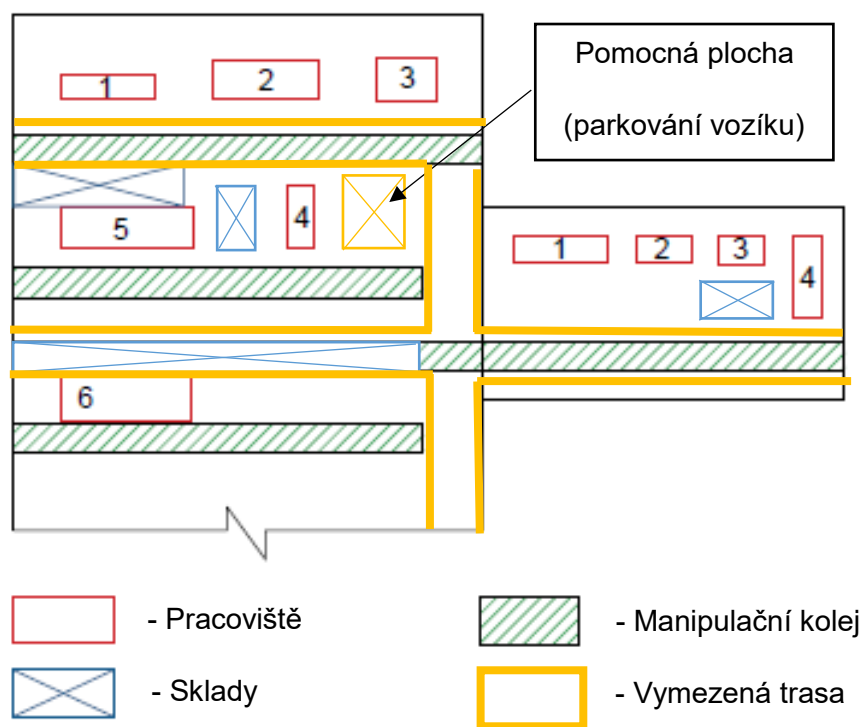


Obr. 26 - Rozmístění skladovacích prostorů [zdroj vlastní]

• Manipulační zařízení

Pro manipulaci s komponenty slouží převážně mostové jeřáby. V hale staré kolovky se nacházejí dva mostové jeřáby o nosnosti 12 500 kg. Ve východní hale se nacházejí 4 mostové jeřáby s nosností 10 000 kg, 8 000 kg, 5 000 kg a 3 200 kg. Jeřáby nemohou přepravovat dvojkolí a potřebné komponenty k opravě mezi halami, dále nemohou obsluhovat více pracovišť najednou.

Z výše uvedených důvodu navrhuji využít pro převážení dvojkolí mezi pracovišti vysokozdvizný vozík. Vozík se může pohybovat po hale i přes manipulační koleje, které jsou zapuštěné v zemi. Na tento vozík bude na každé směně přidělen obsluhující pracovník, který bude dle potřeby manipulovat s komponenty. Vymezená trasa a pomocná plocha pro parkování je zobrazena na Obr. 27. Pro přepravu komponentů mezi pracovišti navrhuji používat i ruční vozík.



Obr. 27 - Vymezená trasa pro vysoko zdvižný vozík [zdroj vlastní]

ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce jsem se nejprve zabývala logistikou, vytyčením jejích cílů a definicí požadavků na prvky logistických služeb. Dále jsem se zabývala skladováním, kde jsem rozdělila sklady podle konstrukce, druhu materiálu, vlastnictví, způsobu skladování, přístupu a toku materiálu, které jsem dále specifikovala. V další kapitole jsem se zaměřila na manipulační zařízení, převážně dopravní vozíky a jeřáby, jelikož jsou nejvíce využívány. V poslední části stručně popisuji síťovou analýzu, kterou dále využívám v praktické části diplomové práce.

V praktické části se zabývám analýzou současného stavu logistického systému. Nejprve jsem provedla analýzu každého pracoviště. Kdy jsem od ledna do dubna měřila operační časy na každém pracovišti z důvodu určení průměrných operačních časů. Dále jsem stanovila potřebné komponenty na jednotlivých pracovištích. V další části jsem vytvořila vývojový diagram opravy dvojkolí a analýzu stávajících skladových prostor.

Poslední část analýzy současného stavu je síťová analýza pro nalezení kritické cesty v procesu opravy dvojkolí. Dále jsem stanovila časové rezervy a tím určila úzká místa v opravě, které vedou přes výměnu obručí. Celková doba opravy dvojkolí je 23 hodin.

Pro zajištění plynulé opravy dvojkolí bez logistického zpoždění jsem navrhla skladovací plošné prostory pro komponenty a samotné dvojkolí. Dále jsem navrhla náhradní manipulaci pro převážení dvojkolí, a to vysokozdvizný vozík a navrhla jeho dopravní cestu a pomocnou plochu.

Poděkování

Závěrem své diplomové práce bych chtěla poděkovat Ing. Janě Míkové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady.

Poděkování patří i mé rodině, která mě po celou dobu mého studia podporovala.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FAMFULÍK, J., MÍKOVÁ, J., KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby* [online]. Ostrava, VŠB – TU Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1509-1.
- [2] MÍKOVÁ, Jana. *Logistická podpora údržby kolejových vozidel*. Ostrava, 2006. Disertační práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [3] DANĚK, Jan. *Logistické systémy*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1017-4.
- [4] PERNICA, Petr. *Logistický management: teorie a podniková praxe*. Praha: Radix, 1998. ISBN 80-86031-13-6.
- [5] Logistika nákupu a řízení zásob [online]. [cit. 2019-04-08] Dostupné z: <https://www.logistickaakademie.cz/blog/diskutovana-temata/logistika-nakupu-a-rizeni-zasob>
- [6] VACULÍK, F. *Proces opravy dvojkolí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011
- [7] ŠIROKÝ, Jaromír. *Aplikace počítačů v provozu vozidel*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0768-8.
- [8] ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení: cvičení I*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0227-9
- [9] Trojstranný regálový zakladač. *MECALUX* [online]. © 2019 [cit. 2019-05-13] Dostupné z: <https://www.mecalux.sk/automaticky-sklad-palety/trojstranny-regalovy-zakladac>
- [10] Nádrže pro průmysl a zemědělství. *VÍTKOVICE ENVI a.s.* [online]. [cit. 2019-05-13] Dostupné z: <http://vitkovice-envi.cz/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Části materiálového toku [3].....	10
Obr. 2 - Logistický řetězec [3]	11
Obr. 3 - Tradiční uspořádání zásobovacího řetězce [2]	13
Obr. 4 – Emancipační uspořádání zásobovacího řetězce [2]	14
Obr. 5 - Synchronizační uspořádání zásobovacího řetězce [2]	15
Obr. 6 - Regálový sklad v DPOV a.s.- PSO Nymburk [zdroj vlastní].....	19
Obr. 7 – Nadzemní silo (vlevo), nadzemní nádrž (vpravo) [10].....	20
Obr. 8 - Ruční vozík v DPOV a.s.- PSO Nymburk	23
Obr. 9 - Mostový jeřáb v DPOV a.s. - PSO Nymburk [zdroj vlastní].....	25
Obr. 10 - Trojstranný regálový zakladač [9].....	26
Obr. 11 - Označení a popis uzlu [7].....	27
Obr. 12 - Schéma pracovišť [zdroj vlastní]	31
Obr. 13 - Soustruh SUA 170 NUMERIC [zdroj vlastní]	33
Obr. 14 - Lis MAE [zdroj vlastní].....	34
Obr. 15 - KARUSEL SKI 12 CNC [zdroj vlastní]	35
Obr. 16 – Soustruh ŠKODA SRM 125 [zdroj vlastní].....	36
Obr. 17 – Vyvažovačka [zdroj vlastní]	38
Obr. 18 - RAFAMET UCB 125 [zdroj vlastní].....	39
Obr. 19 - Pracoviště pro nahřívání obručí [zdroj vlastní].....	40
Obr. 20 - KARUSEL 1516 [zdroj vlastní]	41
Obr. 21 – Soustruh [zdroj vlastní].....	42
Obr. 22 - Vývojový diagram opravy dvojkolí [6]	46
Obr. 23 - Operativní sklad [zdroj vlastní]	47
Obr. 24 - Síťový graf [zdroj vlastní]	49
Obr. 25 - Kritická cesta [zdroj vlastní].....	50
Obr. 26 - Rozmístění skladovacích prostorů [zdroj vlastní].....	54
Obr. 27 - Vymezená trasa pro vysokozdvizhý vozík [zdroj vlastní]	55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Soustružení vnitřního průměru otvoru drážního kola [zdroj vlastní]	33
Tabulka 2 - Rozlisování nápravy se 2 brzdovými kotouči [zdroj vlastní]	34
Tabulka 3 – Soustružení vnitřního průměru ozubeného věnce [zdroj vlastní].....	36
Tabulka 4 – Soustružení čepů tlakových ložisek [zdroj vlastní].....	37
Tabulka 5 - Nasazení ložiskových kroužků [zdroj vlastní]	37
Tabulka 6 - Vyvažování dvojkolí [zdroj vlastní]	38
Tabulka 7 - Soustružení profilů a čel hvězdicových kol z dvojkolí „elektriky“ [zdroj vlastní]	39
Tabulka 8 - Nasazení obručí na kolo [zdroj vlastní].....	41
Tabulka 9 - Soustružení vnitřního průměru obruče [zdroj vlastní]	42
Tabulka 10 - Popis činností a jejich délka trvání [zdroj vlastní]	49
Tabulka 11 - Časové rezervy [zdroj vlastní]	51